

安定的な食糧供給に向けて—病害抵抗性作物作製への指針—

山田 晃嗣

2050年には人口が100億人に到達するとも予測される中で、食糧の安定供給は差し迫った解決すべき課題である。しかし、この人口増加を支えるには現在から6割もの食糧供給の増加が必要だと試算されており¹⁾、その道程は容易ではない。食糧生産量を増加させる方法の一つとして、劣悪環境下においても収量が期待できる適応型品種の作製があげられる。特に病害は穀物生産の15%近くをロスする要因となっており²⁾、病害抵抗性の作物の作製は急務である。そこで本稿では植物の有用遺伝子を利用した病害抵抗性の分子育種の現在における方向性を紹介したい。

まずはじめに、病害抵抗性育種の基礎となる植物免疫応答を介した植物-病原体間相互作用に簡単に触れておきたい。動物に限らず、植物も病原体を認識し排除する機構を持つ。植物細胞膜上にはパターン認識受容体が配備されており、MAMPs (microbe-associated molecular patterns) と総称される微生物に幅広く保存されている分子(鞭毛タンパク質や細胞壁構成成分など)の存在を常にモニタリングしている。MAMPsの認識はパターン誘導性免疫 (PTI; pattern-triggered immunity) と呼ばれる免疫応答を誘導する。一方で病原体は、エフェクターと総称されるタンパク質や低分子化合物を分泌することでPTIを抑制し感染を試みる。植物はエフェクターを認識する機構も備えており、エフェクター誘導性免疫 (ETI; effector-triggered immunity) を発動させることでエフェクターによるPTIの抑制に対抗する。このように「病原体が感染するかしないか」というのは、PTIの発動→病原体エフェクターによる免疫応答抑制→ETIの発動→エフェクターによる抑制→……と植物-病原体間で行われている「いたちごっこ」の現時点での力学的バランスを反映したものである³⁾。そして植物免疫機構や病原体の感染戦略の詳細な解析からそのバランスを植物側に有利になるよう傾けることは可能である、というのが病害抵抗性分子育種の基本姿勢である。

PTI・ETIを育種に応用するために長所を活かし短所を補うような工夫が検討されている⁴⁾。微生物間での保存性が高いMAMPsの認識を介し発動するPTIは、標的病原体の範囲が広い。さらにMAMPsは細胞壁など病原体の基本的な生命活動に必要な分子に由来する場合が多いため変異頻度が低いと考えられる。そのため病原体が変異によりその認識網を潜り抜ける可能性が低く、この点がPTIの長所となっている。しかしMAMPsは微生物

間で保存されている一方、その応答性は植物種間によって異なる。たとえば翻訳伸長因子EF-Tuに由来するelf18ペプチドはアブラナ科植物特異的に免疫応答を誘導する。そこでアブラナ科植物のelf18受容体をナス科やイネ科の植物に導入したところ、elf18応答性が付与され、さらには病原細菌への抵抗性が向上した。この知見はMAMP受容体の種類は植物種間で多様であるが、その下流の植物免疫シグナルは異なる植物種間で保存されていることを示しており、他の植物からMAMP受容体を導入するアプローチが広く可能であることを示唆している。

一方でETIはPTIに比べ迅速かつ強力だが、その有効範囲は狭い。ETIは病原体エフェクターの認識を介し発動するが、病原体は各宿主に感染するためにエフェクターを特異的に進化させており、病原体ごとに異なるエフェクターセットを持つ。近年シーケンス技術の向上により病原体ゲノムが次々と解読され、病原体の近縁種間に共通して検出される保存性の高いエフェクターの存在が報告され、それらはコアエフェクターと呼ばれている。そこで、コアエフェクターを認識する遺伝子の導入により、広範囲な抵抗性を付与することができると考えられる。またエフェクターは機能重複性が激しく変異が入りやすいため、ETIは変異速度の速い病原体に打破されやすい。そこで単一ではなく、異なる複数のエフェクターを認識するよう工夫することで、病原体の変異により打破されづらくする試みも検討されている。

このように病害抵抗性作物作製への指針は定まりつつある。しかしながら遺伝子組換えを基盤とした場合、消費者に受け入れられづらく現段階では実用化にはまだ遠い。食糧危機が顕在化していく中で、遺伝子組換えを用いないにしても今後の育種法は従来の方法からさらに効率の良い方向へと大きく転換していく必要がある。また当然ではあるが、収量は栽培法にも大きく影響される。今後の技術革新により育種・栽培の両輪を効率よく駆動させることで、安定的な食糧供給につながる成果が上げられることを期待したい。

- 1) Alexandratos, N. and Bruinsma, J.: *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision. ESA Working Paper, No. 12-03*. Rome; FAO (2012).
- 2) Oerke, E.: *J. Agric. Sci.*, **144**, 31 (2006).
- 3) Jones, J. and Dangl, J.: *Nature*, **444**, 323 (2006).
- 4) Dangl, J. et al.: *Science*, **341**, 746 (2013).